جنگل و فرآورده‌های چوب، مجلهٔ منابع طبیعی ایران
دورهٔ ۷۳، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۹
ص ۴۱۷-۴۲۵ (پژوهشی)

دانشکده منابع طبیعی
دانشگاه تهران

DOI: 10.22059/jfwp.2021.298682.1084

مقایسهٔ اثر جدایهٔ فرانکیا و کود اوره بر زی‌توده و غلظت عناصر غذایی در نهال‌های توسکای ییلاقی و قشلاقی

خاطره متقی‌خواه[۱]، علی صالحی[۲*]، احسان کهنه[۳]، ابوذر حیدری صفری کوچی[۴]

۱. دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران
۲. دانشیار، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران
۳. استادیار پژوهش، پژوهشکدهٔ چای. مؤسسهٔ تحقیقات علوم باغبانی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، لاهیجان. ایران
۴. دانش‌آموختهٔ دکتری، جنگل‌شناسی و اکولوژی جنگل، دانشکدهٔ منابع طبیعی، دانشگاه گیلان، صومعه‌سرا، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۲/۱۰، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۲۲

چکیده

یکی از راه‌های مهم تثبیت زیستی نیتروژن در بین گونه‌های جنگلی، همزیستی اکتینومیست‌های فرانکیا با گیاهان اکتینوریزالی مانند توسکا است. در تحقیق حاضر خصوصیات رویشی، زی‌توده و عناصر غذایی گونه‌های توسکای ییلاقی (*Alnus subcordata* C.A. Mey) و قشلاقی (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn) تحت تأثیر چهار تیمار شامل همزیست با فرانکیا، همزیست با فرانکیا و کوددهی اوره به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار، همزیست با فرانکیا و کوددهی اوره به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و فاقد گروه‌های همزیست فرانکیا و بدون کوددهی (شاهد) به‌مدت ۶۰ روز در گلخانهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه گیلان بررسی شد. در پایان پژوهش، قطر یقه و ارتفاع نهال‌ها اندازه‌گیری و زی‌تودهٔ بخش‌های مختلف نهال‌ها تعیین شد. درصد عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم نیز در بخش‌های اندام هوایی گیاه اندازه‌گیری شد. با توجه به نتایج آزمون تجزیهٔ واریانس، اختلاف معنی‌داری بین خصوصیات رویشی، زی‌توده و عناصر غذایی گونه‌ها در تیمارهای مختلف مشاهده شد. مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون توکی نشان‌دهندهٔ عملکرد بهینهٔ تیمار فرانکیا و کوددهی به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار در بین تیمارهای آزمایش بود. همچنین عملکرد توسکای ییلاقی در بیشتر موارد بهتر از توسکای قشلاقی بود. نتایج پژوهش حاضر نشان‌دهندهٔ اثر مثبت فرانکیا و کوددهی اوره به نهال‌های گونهٔ توسکا در مراحل اولیهٔ رشد و در محیط نهالستان است. بی‌گمان با توجه به ملاحظات زیست‌محیطی، در صورت نیاز به کوددهی، استفاده از کودهای آلی حاوی نیتروژن ارجح است.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، ریشه، فسفر، نیتروژن، همزیستی.

مقدمه

گونه‌های مختلف توسکا اعم از توسکای ییلاقی (*Alnus subcordata* C.A. Mey) و توسکای قشلاقی (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn) ۹ درصد از جنگل‌های شمال ایران را در بر می‌گیرند [۱]. درختان توسکا گذشته از اثرهای مهم بوم‌شناختی خود در منطقهٔ رویشی خزری، رشد مناسب و ارزش اقتصادی زیادی نیز دارند و از معدود گونه‌های بومی کشور به شمار می‌روند که با هدف تولید چوب در استان‌های شمالی کشور جنگلکاری شده است [۱]. درختان توسکا گذشته از رشد کمّی چشمگیر، به‌دلیل توانایی تثبیت زیستی نیتروژن، در بین گونه‌های مختلف جنگلی اهمیت ویژه‌ای یافته‌اند. براساس تحقیقات، بیشترین مقدار تثبیت زیستی

* نویسندهٔ مسئول، تلفن: ۰۱۳۴۴۳۲۰۸۹۵
Email: asalehi@guilan.ac.ir

نیتروژن به همزیستی گیاهان اکتینوریزایی[1] نسبت داده می‌شود. گیاهان اکتینوریزایی، به‌واسطهٔ تشکیل گره‌های فرانکیا[2] روی ریشهٔ خود، همزیستی موفقی با اکتینومیست‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن ایجاد می‌کنند و از آن سود می‌برند. همزیستی فرانکیا با توسکا را می‌توان از موفق‌ترین انواع این گونه همزیستی در بین گونه‌های جنگلی دانست. در فرایند تثبیت نیتروژن، شکل بدون کاربرد این گاز (N_2) برای گیاه به شکل‌های قابل استفاده مانند نیترات (NO_3^-) و آمونیوم (NH_4^+) تبدیل می‌شود. مقدار تثبیت نیتروژن در همزیستی توسکا و فرانکیا تا ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار نیز گزارش شده است [۲]. تثبیت نیتروژن و قرار گرفتن آن در اختیار گیاه، سبب افزایش مقدار پروتئین و جذب عناصر مهم دیگر مانند پتاسیم و فسفر می‌شود [۳]. از طرفی مصرف نیتروژن در رشد و تشکیل زی‌تودهٔ بخش‌های مختلف گیاه اثر محسوسی دارد [۴]. از این‌رو، در صورت تأمین مقدار نیتروژن لازم برای گیاه، شرایط برای ایجاد ریشه‌های بلند و فعال، تاجی گسترده و شاداب فراهم می‌شود و زی‌تودهٔ کل گیاه افزایش می‌یابد، اما فقر نیتروژن موجب کاهش رشد و زوال گیاه می‌شود [۵، ۶].

پژوهش در خصوص تثبیت زیستی نیتروژن توسط اکتینومیست‌های فرانکیا به‌صورت همزیست با گونه‌های گیاهی به‌تازگی توجه پژوهشگران علوم جنگل را جلب کرده است. برای مثال نتایج تلقیح فرانکیا در خاک اطراف ریشهٔ نهال‌های توسکای قشلاقی در استان گیلان حاکی از همبستگی مثبت و معنی‌دار بین وزن گره، زیست‌تودهٔ گیاه و غلظت عناصر غذایی گیاه بوده که بیانگر اثر مثبت تلقیح میکروبی فرانکیا بر خصوصیات رویشی گونهٔ توسکا است [۲]. همچنین در پژوهش الیویرا و همکاران (۲۰۰۵)، افزایش جذب عناصر غذایی فسفر و نیتروژن در توسکای قشلاقی با تلقیح فرانکیا و قارچ‌های میکوریزی به اثبات رسیده است [۷].

با توجه به اهمیت اقتصادی توسکا و اهمیت پرورش نهال در مراحل نخست رشد آن، هدف این پژوهش، بررسی اثر تیمارهای فرانکیا و کود نیتروژنه بر زی‌توده و جذب عناصر غذایی در توسکای ییلاقی و قشلاقی است. نظر به پیشینهٔ اندک مطالعات در زمینهٔ تثبیت زیستی نیتروژن در تحقیقات علوم جنگل، پژوهش حاضر موجب ایجاد درکی روشن‌تر از تثبیت زیستی نیتروژن در این دو گونه و نیز مقایسهٔ عملکرد نهال‌ها با اعمال تیمارهای مختلف زیستی و غیر زیستی خواهد شد.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ تحقیق

پژوهش حاضر در گلخانهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه گیلان واقع در شهرستان صومعه‌سرا (مختصات: ′۳۷°۱۸ شمالی و ′۴۹°۱۸ شرقی) اجرا شد. متوسط ارتفاع منطقه از سطح دریا ۶ متر، میانگین بارش سالانه ۹۷۲/۳ میلی‌متر، میانگین دمای سالانه ۱۶/۶ درجهٔ سانتی‌گراد و میانگین رطوبت نسبی ۸۹ درصد است [۸].

نهال‌های استفاده‌شده

نهال‌های استفاده‌شده شامل ۱۶ اصله نهال توسکای ییلاقی و ۱۶ اصله توسکای قشلاقی با منشأ بذر با قطر و ارتفاع یکسان از خزانهٔ ادارهٔ کل منابع طبیعی استان گیلان تهیه و برای پژوهش به گلخانهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه گیلان انتقال داده شد.

اعمال تیمار

خاک استفاده‌شده برای کاشت نهال‌ها از زیر درختان قطعهٔ توسکای موجود در محوطهٔ دانشکدهٔ منابع طبیعی جمع‌آوری شد. خاک از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد و برای استریل کردن، به‌مدت ۳۰ دقیقه در دمای ۱۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد و فشار ۱/۲ پاسکال در دستگاه اتوکلاو قرار داده شد [۹].

آزمایش در چهار تیمار و چهار تکرار برای هر گونه (۱۶ نهال) و در مجموع ۳۲ نهال در قالب طرح بلوک‌های

1. Actinorhizal plants
2. Frankia

کامل تصادفی اجرا شد. تیمارها شامل تلقیح با جدایهٔ فرانکیا، تلقیح با فرانکیا به اضافهٔ ۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار، تلقیح با فرانکیا به اضافهٔ ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار و تیمار شاهد بدون تلقیح با جدایهٔ فرانکیا و بدون کوددهی (خاک کاملاً استریل‌شده) بود. برای تلقیح با جدایهٔ فرانکیا، گره‌های ریشه‌ای از ریشهٔ هر گونه جدا و پس از استریل کردن و آماده‌سازی به خاک گلدان‌ها براساس نقشهٔ طرح اضافه شد [۲]. برای کاشت نهال‌ها از گلدان‌های پلاستیکی به ارتفاع ۲۲ سانتی‌متر و قطر ۱۷ سانتی‌متر استفاده شد. قبل از کاشت، هر گلدان با ۳ کیلوگرم خاک پر شده و پس از ثبت قطر و ارتفاع اولیه و اعمال تیمارها نهال‌ها کاشته شد. در طول آزمایش، از همهٔ گلدان‌ها در محیط گلخانهٔ دانشکدهٔ منابع طبیعی دانشگاه گیلان به‌طور یکسان مراقبت شد. از جمله در دو ماه تیر و مرداد به‌عنوان گرم‌ترین ماه‌های سال، به مقدار یکسان آبیاری صورت گرفت. آزمایش به‌مدت ۶۰ روز از اوایل تیر تا اوایل شهریور به درازا کشید.

برداشت نهال‌ها و اندازه‌گیری خصوصیات آنها

پس از پایان دورهٔ آزمایش، نهال‌ها به‌آرامی از خاک خارج شده و خاک اطراف ریشه‌ها با آب شست‌وشو داده شد. خاک حاصل از شست‌وشو و خاک باقی‌مانده در گلدان از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد تا در صورت وجود گره‌های فرانکیا، جداسازی به‌منظور بررسی صورت گیرد. همچنین با بیرون کشیدن نهال‌ها از گلدان، ارتفاع نهال‌ها با خط‌کش با دقت سانتی‌متر و قطر یقهٔ آنها با کولیس با دقت میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

تفکیک، جداسازی و محاسبهٔ زی‌تودهٔ اندام‌های مختلف گیاه

پس از استخراج و شست‌وشو، نهال‌های هر تیمار برای هر گونه به‌صورت جداگانه به سه بخش کلی شامل ریشه، گره جدایه‌های فرانکیا و شاخساره (شامل ساقه، برگ و شاخه‌ها) تفکیک و جداسازی شد (شکل ۱). برای اندازه‌گیری زی‌توده هرکدام از اندام‌های نهال‌ها (شاخساره، ریشه، گره) به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد در آون قرار داده شده و توزین شد [۱۰].

شکل ۱. گره‌های فرانکیا روی ریشهٔ نهال‌های توسکای ییلاقی (الف) و قشلاقی (ب)

اندازه‌گیری عناصر غذایی اصلی شاخساره

در این تحقیق سه عنصر اصلی غذایی شامل نیتروژن، فسفر و پتاسیم (NPK) اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری نیتروژن شاخساره به روش کجلدال (هضم، تقطیر و تیتراسیون) انجام گرفت. برای تعیین غلظت فسفر شاخساره، پس از هضم خشک نمونه‌ها و عصاره‌گیری با اسید کلریک ۲ نرمال، مقدار فسفر به روش رنگ‌سنجی با آمونیوم هپتامولیبدات و مونوانادات و قرائت توسط دستگاه اسپکتروفتومتر Uniko مدل Uv/Vis2100 تعیین شد. غلظت پتاسیم در دسترس شاخساره هم با دستگاه فلیم‌فتومتر Sherwood مدل M410 قرائت شد [۱۱].

روش‌های آماری و نرم‌افزارهای به‌کاررفته در تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

نرمال بودن داده‌های پژوهش با آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و همگنی واریانس‌ها با آزمون لِوِن بررسی شد و با توجه به نرمال بودن و همگنی واریانس داده‌ها، برای مقایسهٔ زی‌توده و عناصر غذایی در تیمارهای مختلف از آزمون تجزیهٔ واریانس یکطرفه و برای مقایسهٔ میانگین‌ها از آزمون توکی استفاده شد. آنالیزهای آماری در محیط نرم‌افزار SAS صورت گرفت و نمودارها در محیط نرم‌افزار اکسل ۲۰۱۰ رسم شد.

نتایج و بحث

تأثیر تیمارهای آزمایش بر خصوصیات رویشی نهال‌ها

نتایج تجزیهٔ واریانس خصوصیات رویشی و زی‌تودهٔ بخش‌های مختلف نهال‌های توسکای ییلاقی و قشلاقی نشان داد که تأثیر تیمارها بر متغیرهای بررسی‌شده معنی‌دار است (جدول ۱).

نتایج بررسی اثر تیمارهای آزمایشی بر شاخص‌های رویشی نهال‌های توسکای قشلاقی و ییلاقی در جدول ۲ خلاصه شده است.

جدول ۱. تجزیهٔ واریانس اثر اعمال تیمارها بر خصوصیات رویشی نهال‌های توسکا

منبع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات									
		قطر یقه		ارتفاع نهال		زی‌تودهٔ شاخساره		زی‌تودهٔ ریشه		زی‌تودهٔ گره	
		قشلاقی	ییلاقی	قشلاقی	ییلاقی	قشلاقی	ییلاقی	قشلاقی	ییلاقی	قشلاقی	ییلاقی
تیمار	۳	۲/۵۲ *	۲/۵۸ *	۳۵۴/۹۱**	۱۶۴/۷۵ *	۶/۵۷**	۳/۲۹**	۱/۹۴ *	۱/۹۷*	۰/۲۴**	۰/۰۲۶**
خطای آزمایش	۱۲	۰/۷۹	۰/۸۵	۴۲/۹۱	۸۱/۶۲	۰/۶۵	۰/۱۴	۰/۶۴	۰/۱۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۰۴
ضریب تغییرات %		۱۲/۷۸	۱۱/۴۰	۱۳/۹۷	۱۶/۰۲	۲۶/۲۶	۸/۷۰	۵۷/۴۲	۱۲/۹۰	۱۳/۹۷	۱۸/۴۸

*معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد **معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد ns نبود تفاوت معنی‌دار

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین‌های اثر تیمارهای آزمایشی بر شاخص‌های رویشی نهال‌های توسکای قشلاقی و ییلاقی

تیمار	قطر یقهٔ نهال (mm)		ارتفاع نهال (cm)		زی‌تودهٔ شاخساره (g)		زی‌تودهٔ ریشه (g)		زی‌تودهٔ گره (g)	
شاهد	۵/۹۹^{b}	۷/۳۵^{b}	۳۶^{c}	۴۹^{b}	۱/۸۵^{c}	۳/۱۸^{c}	۰/۶^{c}	۱/۷۱^{c}	۰^{c}	۰^{c}
همزیست با فرانکیا	۶/۷^{ab}	۷/۶۱^{b}	۴۴^{bc}	۵۴/۲^{ab}	۲/۶۲^{b}	۴/۱۹^{b}	۱/۰۷^{b}	۲/۴۳^{b}	۰/۵۳^{b}	۰/۱۸^{ca}
تلقیح +۵۰ کیلوگرم اوره	۷/۳۱^{ab}	۹/۱۶^{a}	۴۹^{ab}	۵۸^{ab}	۲/۹۲^{b}	۴/۷۳^{ab}	۲/۱۵^{a}	۳/۲۶^{a}	۰/۰۵^{b}	۰/۱۵^{a}
تلقیح +۱۰۰کیلوگرم اوره	۷/۸۱^{a}	۸/۱۸^{ab}	۵۸/۵^{a}	۶۴/۲^{a}	۴/۸۷^{a}	۵/۳۲^{a}	۱/۷۸^{ab}	۳/۰۹^{a}	۰/۰۷^{c}	۰/۰۹^{c}

(حروف مشابه در هر گونه: نبود معنی‌داری اختلاف میانگین‌ها)

نتایج بررسی خصوصیات رویشی گونه‌های تحت بررسی از جمله قطر و ارتفاع نشان داد که در مجموع میانگین این خصوصیات در تیمارهای همزیست با فرانکیا بیش از تیمار شاهد است که نشان‌دهندهٔ تأثیر مثبت جدایه‌های فرانکیا بر جذب نیتروژن و بهبود شرایط رویش برای گونه‌های گیاهی تحت بررسی است. در تحقیقات پیشین از جمله پژوهش الیویرا و همکاران (۲۰۰۵) و کهنه و همکاران (۲۰۱۷) نیز افزایش رشد و شادابی نهال‌های گونهٔ توسکا در اثر همزیستی با فرانکیا به اثبات رسیده است [۷-۲]. همچنین کوددهی به نهال گونه‌های تحت مطالعه در هر دو مورد، توسکای ییلاقی و قشلاقی موجب افزایش رشد قطری و ارتفاعی گونه‌ها شد، اما این افزایش رشد با افزایش کوددهی از ۵۰ کیلوگرم در هکتار به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار تغییر محسوسی نداشت. این موضوع نشان‌دهندهٔ این است که افزایش رشد گونه‌های گیاهی با افزایش نیتروژن دریافتی به‌صورت خطی افزایش نمی‌یابد، بلکه در

حد مشخصی محدود می‌شود که در این پژوهش این حد رویش به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. گائولک و همکاران (۲۰۰۶) با بررسی مقدار بهینهٔ مصرف کود اوره به‌منظور افزایش عملکرد توسکای قرمز (*Alnus Rubra*) دریافتند که افزایش رشد و عملکرد این گونه با افزایش کود اوره در حد خاصی محدود می‌شود و پس از آن حتی با دوبرابر شدن مصرف کود تغییر چندانی در عملکرد این گونه ایجاد نمی‌شود [۶] که با نتایج این پژوهش همخوانی دارد. دلیل آن را می‌توان به محدودیت تثبیت نیتروژن توسط اکتینومیست‌های فرانکیا و سطح نیاز گونهٔ توسکا به نیتروژن مربوط دانست. میانگین زی‌تودهٔ شاخساره در هر دو گونه بین تیمارهای همزیست با فرانکیا و همزیست با فرانکیا به‌علاوهٔ ۵۰ کیلوگرم اوره تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. با مصرف اوره، زی‌تودهٔ ریشه افزایش معنی‌داری داشت، اما تفاوت معنی‌داری بین مصرف ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم اوره مشاهده نشد. از این‌رو افزایش زی‌تودهٔ گیاهی در تیمارهای کوددهی همزیست با فرانکیا به‌دلیل رابطهٔ مستقیم زی‌توده با افزایش رشد قطری و ارتفاعی است. نکتهٔ جالب و نقطه عطف این پژوهش را می‌توان اختلاف معنی‌دار زی‌تودهٔ گره‌های فرانکیا در تیمار فاقد کوددهی نسبت به تیمارهای کوددهی دانست. این موضوع حاصل پدیده‌ای با عنوان خاصیت خودتنظیمی گره‌زایی فرانکیا است [۲]. در همزیستی اکتینوریزایی، گیاه با خودتنظیمی گره‌زایی، تعداد نهایی گره یا وزن گره را کنترل می‌کند که در اینجا کاهش مقدار نیتروژن به‌دلیل کوددهی نکردن، موجب افزایش تعداد گره‌ها برای استفادهٔ حداکثری از حداقل منبع نیتروژن خاک شده است. این اتفاق همیشه خوب نیست و ادامه آن ممکن است موجب ایجاد رقابت بین گیاه و فرانکیا برای دسترسی به منابع موجود شود [۶]. در تیمارهای کوددهی که نیتروژن به‌صورت مداوم و کافی در اختیار گیاه قرار گرفت، به افزایش تعداد گره‌ها نیاز نبود. در فرایند خودتنظیمی گره‌زایی در مطالعات پیشین از جمله پژوهش یاماناکا و منصور (۲۰۱۳) در ژاپن، اختلاف زی‌تودهٔ بخش‌های مختلف گونهٔ توسکا[1] در نهال‌های همزیست با فرانکیا نسبت به شاهد (فاقد گره‌های همزیست) معنی‌دار گزارش شد [۱۲] و دلیل آن، افزایش تثبیت نیتروژن و قرار دادن آن در اختیار گیاه توسط جدایه‌های فرانکیا، گزارش شده است که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد.

مقایسهٔ نسبت زی‌توده بخش‌های مختلف نهال‌های دو گونهٔ تحت پژوهش

براساس نتایج به‌دست‌آمده، نسبت اندام‌های هوایی (شاخساره) به ریشهٔ گونهٔ توسکای قشلاقی در همهٔ تیمارها بیشتر از توسکای ییلاقی است که رشد مناسب‌تر اندام‌های هوایی این گونه را نسبت به توسکای ییلاقی نشان می‌دهد (شکل ۲).

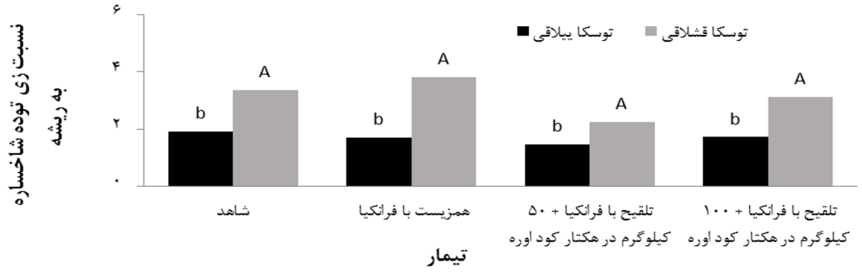
با توجه به اینکه در جنگلکاری و تجارت چوب، حجم یا وزن اندام هوایی گیاه مدنظر است، افزایش زی‌تودهٔ اندام هوایی نهال‌ها را می‌توان عامل مثبتی محسوب کرد. نقض این فرضیه فقط در مواردی محتمل است که نسبت ریشه به اندام‌های هوایی بیش از حد کاهش یابد که در جنگلکاری در خاک‌های کم‌عمق و مناطق شیبدار موجب شکست جنگلکاری می‌شود [۵، ۷]. بنابراین توسکای قشلاقی از این نظر وضعیت مناسب‌تری نسبت به توسکای ییلاقی دارد.

بررسی اثر تیمارهای آزمایش بر عناصر غذایی شاخساره

نتایج تجزیهٔ واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر مقدار عناصر غذایی شاخساره نهال‌های توسکا قشلاقی نشان داد که از بین عناصر غذایی تحت بررسی، مقدار فسفر و پتاسیم در بین تیمارهای آزمایش، در سطح آماری ۰/۰۱ و مقدار نیتروژن در سطح ۰/۰۵ با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند. همچنین مقدار نیتروژن و پتاسیم موجود

1. Alnus japonica

در شاخسارهٔ نهال‌های توسکای ییلاقی در تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری در سطح ۰/۰۱ با یکدیگر داشتند، اما این اختلاف در مورد فسفر معنی‌دار به‌دست نیامد (جدول ۳).



شکل ۲. مقایسهٔ نسبت زی‌تودهٔ بخش هوایی (شاخساره) به ریشه در گونه‌های توسکای ییلاقی به قشلاقی (در سراسر متن حروف مشابه: معنی‌دار نبودن اختلاف میانگین‌ها)

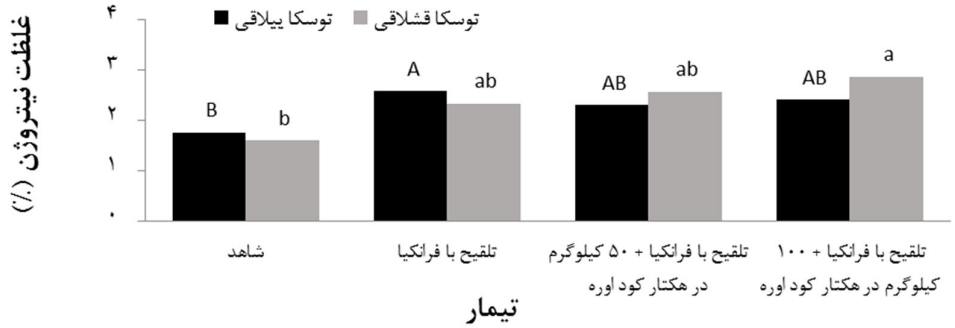
جدول ۳. تجزیهٔ واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات تغذیه‌ای شاخسارهٔ نهال‌های توسکا

منبع تغییر	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات					
		درصد نیتروژن		درصد فسفر		درصد پتاسیم	
		قشلاقی	ییلاقی	قشلاقی	ییلاقی	قشلاقی	ییلاقی
تیمار	۳	۱/۱۹۸ *	۰/۴۰**	۰/۰۰۳ **	۸/۹۶ ns	۰/۰۴ **	۰/۰۷ **
خطای آزمایشی	۱۲	۰/۲۴	۰/۰۶	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰
ضریب تغییرات (٪)	–	۲۱/۸۰	۱۱	۱۸	۱۰/۵۰	۲۰/۸۰	۱۳/۴۰

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد ns نبود تفاوت معنی‌دار

نیتروژن شاخساره

با توجه به نتایج پژوهش حاضر، نیتروژن شاخساره در هر دو گونهٔ توسکا در تیمارهای مختلف اختلاف ناچیزی دارد و تنها اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان می‌دهد (شکل ۳). این امر نشان‌دهندهٔ این موضوع است که جدایه‌های فرانکیا با افزایش فعالیت و حجم خود توانستند تا حد مطلوبی نیتروژن ضروری گیاه را تأمین کنند. البته به نظر می‌رسد این روند تا مدتی طولانی دوام نخواهد داشت و با کاهش محتوای نیتروژن خاک، افزایش تعداد گره‌های فرانکیا نیز کمبود نیتروژن خاک را جبران نخواهد کرد. نتایج پژوهش گائولک و همکاران (۲۰۰۶) دربارهٔ توسکای قرمز و پژوهش کارتیکیان (۲۰۱۶) دربارهٔ گونهٔ کاسوآرنا (*Casuarina equisetifolia*) مؤید این موضوع است [۶، ۱۳].



شکل ۳. مقایسهٔ میانگین نیتروژن شاخسارهٔ نهال‌های توسکای قشلاقی و ییلاقی در اثر اعمال تیمارهای آزمایش

فسفر شاخساره

نتایج پژوهش حاضر، مقدار فسفر شاخسارهٔ گونهٔ توسکای قشلاقی را بیشتر از گونهٔ توسکای ییلاقی نشان داد و تیمار کوددهی ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیز مؤثرترین تیمار در افزایش جذب فسفر گونه توسکا شناخته شد (شکل ۴). به نظر می‌رسد که افزایش فسفر شاخساره در تیمار کوددهی نیتروژنی ۵۰ کیلوگرم در هکتار در پی افزایش رشد ریشه‌ها، گره‌ها و اندام‌های هوایی بوده است که نیاز گیاه برای جذب فسفر را افزایش داده است. افزون‌بر این، جذب بیشتر فسفر در مراحل اولیه ممکن است به‌علت رشد گره به‌ازای واحد طول ریشهٔ گیاه میزبان باشد [۳].

شکل ۴. مقایسهٔ مقدار فسفر شاخسارهٔ نهال‌های توسکای قشلاقی و ییلاقی در اثر اعمال تیمارهای آزمایش

پتاسیم شاخساره

بررسی مقدار عنصر پتاسیم در شاخسارهٔ نهال‌های بررسی‌شده نشان داد که بیشترین جذب پتاسیم در گونهٔ توسکای ییلاقی مربوط به تیمار کوددهی ۵۰ کیلوگرم در هکتار بوده است (شکل ۵). دلیل این موضوع را می‌توان تحرک زیاد عنصر پتاسیم دانست؛ زیرا همان‌طور که پیشتر گفته شد، کوددهی سبب افزایش رشد ریشه‌ها و اندام‌های هوایی گیاه می‌شود و به‌واسطهٔ آن جذب پتاسیم از خاک افزایش می‌یابد. با افزایش غلظت پتاسیم، این عنصر در اندام‌های هوایی گیاه رقیق‌تر می‌شود و به‌دلیل تحرک‌پذیر بودن به همهٔ قسمت‌های گیاه انتقال می‌یابد، به نظر می‌رسد که دلیل کمتر بودن مقدار پتاسیم شاخساره در نهال‌های تیمار کوددهی ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از نهال‌های تیمار کوددهی ۵۰ کیلوگرم در هکتار، رقیق‌تر شدن غلظت پتاسیم در شاخسارهٔ گیاه است، نه کاهش مقدار پتاسیم کل در اندام‌های گیاه که با نتایج پژوهش گائولک و همکاران (۲۰۰۶) در زمینهٔ گونه توسکا مطابقت دارد. دربارهٔ توسکای ییلاقی تنها اختلاف معنی‌داری بین مقدار پتاسیم شاخسارهٔ نهال‌های بررسی‌شده در تیمارهای مختلف با مقدار پتاسیم ذخیره‌شده در شاخساره نهال‌های شاهد مشاهده شد [۶].

شکل ۵. مقایسهٔ مقدار پتاسیم شاخساره نهال‌های توسکای قشلاقی و ییلاقی در اثر اعمال تیمارهای آزمایش

نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر، بهترین پاسخ رویشی گونه‌های توسکای قشلاقی و ییلاقی به تیمار تلقیح با فرانکیا به اضافهٔ ۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار مشاهده شد. با توجه به تلفیق نتایج حاصل از بررسی خصوصیات رویشی و تغذیه‌ای گونه‌های بررسی‌شده، استفاده از کود زیستی فرانکیا ضمن کمک به استقرار اولیهٔ گیاه، افزایش معنی‌داری در خصوصیات رویشی نهال گونه‌های جنگلی ایجاد کرد. افزون‌بر این، در اراضی کم‌بازده به‌کاررفته برای پرورش نهال، یا مکان‌هایی که فرانکیای بومی خاک فعالیت کافی و مناسبی ندارد، می‌توان حداکثر از ۵۰ کیلوگرم کود اوره یا ترجیحاً با توجه به اثرهای نامطلوب کودهای شیمیایی، از کودهای آلی حاوی نیتروژن در سال‌های نخست کاشت نهال به‌عنوان کمکی برای زنده‌مانی و رشد مناسب نهال استفاده کرد. ازآنجا که در حال حاضر و در واقعیت، پرورش‌دهنده‌های نهال از کودهای شیمیایی برای افزایش بازده نهال استفاده می‌کنند، در این تحقیق هم کود اوره یکی از تیمارها در نظر گرفت. اما پیشنهاد این تحقیق این است که در شرایط خاص و ناگزیر استفاده از کود، برای پرهیز از اثرهای منفی زیست‌محیطی و زیان‌های کودهای شیمیایی، پرورش‌دهنده‌های نهال حداقل از کودهای آلی نیتروژن‌دار و سازگار با شرایط محیطی و کمتر مضر برای اکوسیستم و طبیعت به‌جای کودهای شیمیایی استفاده کنند.

References

[1]. Zare, H., and Amini, T. (2012). A review of the genus Alnus Mill. In Iran, New records and new species. Iranian Journal of Botany, 18(1): 11-21.

[2]. Kahneh, E., Lakzian, A., Astaraii, A., and Khavazi, K. (2017). The effect of Frankia inoculation on growth, mineral nutrition, and N2-fixation of *Alnus glutinosa*. Forest and Wood Products, 70(1): 61-70.

[3]. Tajari, M.E., Asaadi, H., Pordeli, H., Najafpour, R., and Yazdansetad, S. (2018). Survey of nitrogen fixation on endophytes isolated from root nodules of alder and service. Genetic Engineering and Biosafety Journal, 6 (2): 205-212.

[4]. Mus, F., Crook, MB., Garcia, K., Costas, AG., Geddes, BA., and Kouri, ED. (2016). Symbiotic nitrogen fixation and the challenges to its extension to nonlegumes. Applied and Environmental Microbiology, 82(3): 698-710.

[5]. Naghipoor, S., Ali-Arab, A., and Sadati, S. (2019). Effects of Soil moisture content and Urea fertilizer on survival, growth and some physiological attributes of Mediteranian cypress seedling. Forest and Wood Products, 71(4): 315-324.

[6]. Gaulke, LS., Henry, CL., and Brown, SL. (2006). Nitrogen fixation and growth response of *Alnus rubra* amended with low and high metal content bio solids. Scientia Agricola 63: 351-360.

[7]. Oliveira, R.S., Castro, P.M.L., Dodd, J.C., and Vosatka, M. (2005). Synergistic effect of Glomus intraradices and Frankia spp. on the growth and stress recovery of *Alnus glutinosa* in an alkaline anthropogenic sediment. Chemosphere, 60(10): 1462-1470.

[8]. Alizadeh Anaraki, K., Lashgarara, F., and Kiadaliri, H. (2012). Effect of Socio-economic factors on development of poplar plantation in Guilan province (Case Study: Somesara). Iranian Journal of Forest and Poplar Research, 20(2): 356-346.

[9]. Nesari, N., Ghorbani, R., and Lashkari, A. (2009). Nodulation, nitrogen fixation and growth charactristics of chickpea *(Cicer arietinum L.).* Iranin Journal of pules Research, 1: 19-31.

[10]. Heidari Safari Kouchi, A., and Rostami Shahraji, T. (2018). Poplar plantation and its role in carbon sequestration. Sepid Rood Press, Rasht.

[11]. Motsara, M.R., and Roy, R.N. (2008). *Guide to laboratoryestablishment for plantnutrient analysis*. FAO, Rome.

[12]. Yamanaka, T., and Mansoour, S.R. (2013). Nodulation of *Alnus japonica* and *Casuarina equisetifolia* in liquid culture after inoculation with Frankia. Bulletion of Forestry and Forest Products Research Institute, 12 (2): 97-103.

[13]. Karthikeyan, A. (2016). Frankia strains for improving growth, biomass and nitrogen fixation in *casuarina equisetifolia* seedlings. Journal of Tropical Forest Science, 28(3): 235-242.

Comparing the effect of Frankia nodules and urea fertilizer on biomass and amount of nutrients of alder saplings

Kh. Mothaghikhah; M.Sc Graduate, Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, I.R. Iran.

A. Salehi*; Assoc., Prof., Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, I.R. Iran.

E. Kahneh; Assist., Prof., Tea Research Center, Horticultural Science Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Lahijan, I.R. Iran.

A. Heidari Safari Kouchi; PhD Graduate, Silviculture and Forest Ecology, Faculty of Natural Resources, University of Guilan, Sowmeh Sara, I.R. Iran.

(Received: 29 February 2020, Accepted: 11 May 2020)

ABSTRACT

Most of the biological nitrogen fixation rate among forest species is related to the symbiosis of *Frankia actinomycetes* with actinorhizal plants such as Alder. In the present study, we investigated changes in vegetative characteristics, biomass and nutrients of *Alnus subcordata* and *Alnus glutinosa* affected by three treatments including: symbiosis with Frankia nodes (T1), symbiosis with Frankia nodes and fertilization with urea fertilizer equivalent to 50 kg per hectare (T2), symbiosis with Frankia and fertilization with Urea fertilizer equivalent to 100 kg ha (T3) and without symbiosis with Frankia and without fertilizer (control) for 60 days in research greenhouse of faculty of natural sciences of University of Guilan. At the end of the study, the collar diameter and height of the seedlings were measured and biomass of their different parts was calculated by drying in the oven. The percentage of nitrogen, phosphorus and potassium in the components of the plant were also calculated using Kjeldahl, extraction and colorimetric methods, respectively. According to the results of analysis of variance, significant differences were observed between vegetative characteristics, biomass and nutrients of the species under different treatments. Comparison of means with Turkey's test showed the best performance of 50 kg / ha fertilizer treatment among the treatments. In addition, the performance of *Alnus subcordata* in the most of cases was better than *Alnus glutinosa*. The results of the present study indicate the positive effect of nitrogen fertilization on alder seedlings in early stages of growth and in nursery environment and for alder species, 50 kg urea fertilizer per hectare is sufficient. Of course, considering the environmental considerations, the use of nitrogen-containing organic fertilizers is preferable if fertilization is required.

Key Words: Coexistence, nitrogen, phosphorus, potassium, root.

*Corresponding Author, Email: asalehi@guilan.ac.ir, Tel: +981344320895